

①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Offenlegungsschrift
⑪ DE 3042723 A1

⑤1 Int. Cl. 3:
G 05 D 1/03
A 01 B 69/00

②1 Aktenzeichen:
②2 Anmeldetag:
④3 Offenlegungstag:

P 30 42 723.7-22
13. 11. 80
27. 5. 82

⑦1 Anmelder:
M.A.N. Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg AG, 8000
München, DE

⑦2 Erfinder:
Stieber, Michael, Dipl.-Ing., Waterloo, Ontario, CA;
Meinke, Peter, Dr.-Ing., 8031 Steinebach, DE; Dreher,
Günther, Dipl.-Ing., 8000 München, DE

⑤6 Recherchenergebnis gem. § 43 Abs. 1 Satz 1 PatG:
DE-OS 29 41 507
DE-OS 27 52 167

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 »Verfahren und Vorrichtung zur Spurführung eines Fahrzeuges«

Wechselstrom durch Plasmazug

DE 3042723 A1

DE 3042723 A1

1 gü/sd

M.A.N. MASCHINENFABRIK AUGSBURG-NÜRNBERG
Aktiengesellschaft

5

München, 5. November 1980

10

P a t e n t a n s p r ü c h e

15

20

25

30

35

1. Verfahren zur Spurführung eines gleisfreien Fahrzeuges entlang einer Leitlinie, mit mindestens einem zur Erfassung der relativen Lage zwischen der Fahrzeughängsachse und der Leitlinie dienenden Abtastorgan und mit einer Regeleinrichtung, die über ein Lenksignal den Lenkwinkel des Fahrzeugs so beeinflußt, daß der Abstand eines Bezugspunktes auf der Fahrzeughängsachse zur Leitlinie möglichst klein bleibt, dadurch gekennzeichnet, daß bei der Bildung des Lenksignals (w) unterschieden wird zwischen den Einflüssen, die von Störungen verursacht werden und jenen, die von der Krümmung der Leitlinie (14) herrühren.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß ein Lenksignal (w) unter Berücksichtigung von veränderlichen Sollwerten gebildet wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zwei Lenksignale, nämlich ein störungsbedingtes Lenksignal (w_z) und ein von Verlauf

7.2026

BAD ORIGINAL

- 1 der Leitlinie abhängiges führungsbedingtes Lenksignal (w_k) gebildet und addiert werden.
- 5 4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß in einem Sollwertgeber (30) Sollsignale (s_i) gebildet werden, die den tatsächlichen Signalen gleichen, die bei idealer Führung des Fahrzeuges entlang der Leitlinie (14) im ungestörten Fall auftreten würden.
- 10 5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Sollwerte und das führungsbedingte Lenksignal (w_k) aus der Krümmung der Leitlinie (14) unter Berücksichtigung von nicht störungsabhängigen Größen, insbesondere von der Fahrgeschwindigkeit (v) und der Masse der Zuladung bestimmt werden.
- 15 6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Sollwerte und gegebenenfalls das führungsbedingte Lenksignal (w_k) mittels einer Schätzung bestimmt werden.
- 20 7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Schätzung aufgrund von Istwerten unter Hinzuziehung von Bedingungen für die Sollwerte durchgeführt wird.
- 25 30 35

7.2026
05.11.1980

BAD ORIGINAL

- 1 8. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 bis 6,
dadurch gekennzeichnet, daß die Differenz der
gemessenen Meßsignale (x_i) oder geschätzter
Istsignale und der Sollsignale (s_i) zu einem
5 Lenksignal (w) verarbeitet werden.
9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeich-
net, daß das aus der Differenz bestimmte Lenk-
Lenksignal ein störungsbedingtes Lenksignal
10 (w_z) ist.
10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeich-
net, daß das Fahrzeug aufgrund des störungsbe-
dingten Lenksignals (w_z) näherungsweise so ange-
15 steuert wird, daß das Gütekriterium
$$I = \int_0^{\infty} (a y^2 + \beta \frac{z^2}{z}) dt$$
 minimiert wird.
11. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach
Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß ein
20 Differenzbildner (31) vorgesehen ist, der die
Differenz zwischen Istsignalen (x_i) und in einem
Sollwertgeber (30) erzeugten Sollsignalen (s_i)
einem geschwindigkeitsabhängigen Regler (32)
25 zuführt.
12. Vorrichtung nach Anspruch 11, dadurch gekenn-
zeichnet, daß der Sollwertgeber (30) so ausge-
legt ist, daß der Bezugspunkt (27) auf der
30 Vorderachse (12) liegt.
13. Vorrichtung nach Anspruch 11 oder 12, dadurch
gekennzeichnet, daß zur Erzeugung der Sollwerte
im Sollwertgeber (30) ein Filter vorgesehen ist.

35

7.2026
05.11.1980

BAD ORIGINAL

10110

3042723

-4-

- 1 14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 11 bis 13,
dadurch gekennzeichnet, daß im Regler (32) eine
Rechenschaltung (Fig. 3) vorgesehen ist, mit der
5 geschwindigkeitsabhängige Größen durch Polynome
angenähert werden.

10

15

20

25

30

35

7.2026
05.11.1980

BAD ORIGINAL

1 gü/sd
M.A.N. MASCHINENFABRIK AUGSBURG-NORNBERG
Aktiengesellschaft

5

München, 5. November 1980

10 Verfahren und Vorrichtung zur Spurführung
eines Fahrzeugs

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrich-
15 tung zum Spurführen eines gleisfreien Fahrzeugs entlang
einer Leitlinie, mit mindestens einem zur Erfassung der
relativen Lage zwischen der Fahrzeuglängsachse und der
Leitlinie dienenden Abtastorgan und mit einer Regel-
einrichtung, die über ein Lenksignal den Lenkwinkel
20 des Fahrzeugs so beeinflusst, daß der Abstand eines
Bezugspunktes auf der Fahrzeuglängsachse zur Leitlinie
möglichst klein bleibt.

Derartige Vorrichtungen können u.a. im Personennahverkehr
25 zur Verringerung des Breitenbedarfs für gesonderte Omni-
bus-Fahrwege dienen. Das Fahrzeug wird automatisch entlang
eines beispielsweise im Straßenbett verlegten Leitkabels
geführt, indem über das Abtastorgan jede Abweichung des
Fahrzeugs von der Leitlinie registriert und über einen
30 Lenkregler ausgeglichen wird. Die Abweichung der Lage
des Fahrzeugs kann durch Störungen, wie Windböen, Straßen-
unebenheiten, Leitlinien-Feldverzerrungen oder durch
Krümmung der Leitlinien verursacht werden, wobei
35 ~~wobei~~ letzteres bei der Auslegung von Regelsystemen
von größerer Bedeutung ist.

7.2026
05.11.1980

BAD ORIGINAL

- 1 Aus der DE-OS 18 01 967 ist eine Vorrichtung bekannt, bei der das Lenksignal direkt aus einer Summation der von zwei Abtastorganen gemessenen Abstände und des augenblicklichen Lenkwinkels in der Weise bestimmt wird, daß sich das
- 5 Fahrzeug nach jeder Abweichung von einer geraden Leitlinie wieder auf diese zurückbewegt. Jedoch läßt sich die Korrektur bei einer Krümmung der Leitlinie nur bedingt zufriedenstellend ausführen, und zwar nur bei relativ geringen Fahrgeschwindigkeiten.
- 10 Um die Genauigkeit, mit der das Fahrzeug insbesondere bei höheren Geschwindigkeiten der Leitlinie in Kurven zu folgen vermag, zu verbessern, ist in der DE-OS 25 21 571 eine Vorrichtung vorgeschlagen worden, bei der
- 15 mit Hilfe eines dritten Abtastorgans der Kurvenradius der Leitlinie ermittelt wird und die Parameter des Reglers in Abhängigkeit von der Krümmung veränderbar sind. Mit Hilfe des ermittelten Krümmungsradius wird ein Soll-Lenk-
winkel gebildet und in das Regelsignal eingebracht.
- 20 Es hat sich hierbei jedoch gezeigt, daß die Verbesserung der Genauigkeit mit einer Verminderung des Fahrkomforts eingeht.
- 25 Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren der eingangs genannten Art aufzuzeigen, mit dem Fahrzeuge ~~mit~~ mit einer hohen Genauigkeit bei hohem Fahrkomfort geführt werden können.
- 30 Die Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß bei der Bildung des Lenksignals unterschieden wird zwischen den Einflüssen, die von Störungen verursacht werden und jenen, die von der Krümmung der Leitlinie herrühren.

35

7.2026
05.11.1980

1 Hiermit ist es möglich, die Steuerung des Fahrzeugs auf die stör- bzw. kurvenbedingten Abweichungen getrennt ab-
zustellen, so daß die Rückstellbewegung in jedem Fall
sanft eingestellt werden kann und dabei trotzdem, auch
5 bei hohen Geschwindigkeiten, eine geringstmögliche
Abweichung des Bezugspunktes von der Leitlinie in jeder
Situation gewährleistet wird. Dadurch wird erreicht,
daß beliebige Bahnkurven mit hoher Genauigkeit und hohem
Komfort befahrbar sind.

10 Bei bisher bekannten Vorrichtungen kann dagegen nicht
unterschieden werden, ob eine Abweichung von der Leitlinie
durch Störeinflüsse oder durch eine Krümmungsänderung des
Leitweges verursacht wird. Das Regelsystem muß in diesen
15 Fällen auf die Krümmungsänderungen ausgelegt werden, wo-
durch sich bei den Korrekturen von Störeinflüssen ruck-
artige Lenkbewegungen einstellen.

Vorzugsweise werden die krümmungsbedingten Einflüsse zu
20 veränderlichen Sollwerten für die Erzeugung des Lenk-
signals verarbeitet.

Gemäß einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung werden
aufgrund der störungs- bzw. krümmungsbedingten Einflüsse
25 je ein getrenntes Lenksignal w_z bzw. w_k gebildet, die
zu einem Gesamt-Lenksignal w addiert werden.

Die Sollsignale können vorteilhaft so gebildet werden,
daß sie den tatsächlichen Sollsignalen gleichen, die bei
30 idealer Fahrzeugführung entlang der Leitlinie im unge-
störten Fall auftreten würden, das heißt, bei einer
idealen Führung, bei der lediglich Lenkungen aufgrund
des Verlaufes der Leitlinie erfolgen würden.

35

7.2026
05.11.1980

BAD ORIGINAL

- 1 Dabei ist es möglich, die Sollwerte mittels eines
Filters zu erzeugen, das von der Krümmung der Leitlinie
sowie von anderen Größen, wie z.B. der Fahrzeuggeschwin-
digkeit, Beladung und Umweltdaten angesteuert wird und
5 zwar ohne Hinzuziehung von etwaigen Störungen, wie Feld-
verzerrungen im Leitkabelmagnetfeld, Windböen usw.

10 Mit einem deartigen Filter lassen sich auch für den Fall
von zwei getrennten Lenksignalen unter den gleichen Be-
dingungen die Sollwerte für das störungsbedingte Signal
und gleichzeitig das krümmungsbedingte Lenksignal er-
zeugen.

15 Gemäß einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung werden
die Sollwerte und gegebenenfalls das führungsbedingte
Lenksignal mittels einer Schätzung, d.h. ohne die Kennt-
nis der Krümmung bestimmt. In diesen Fällen kann die
Schätzung vorteilhaft aufgrund von Istwerten durchge-
führt werden, wobei Bedingungen für die Sollwerte, wie
20 z.B. die Stellung des Fahrzeugs, die Bezugspunktanordnung,
Lenkwinkeleinstellung, mit eingegeben werden.

25 Die den Verlauf der Leitlinie kennzeichnenden, verant-
wortlichen Größen können von vornherein in die Regel-
einrichtung eingespeichert oder aber während der Fahrt
gemessen werden.

30 Gemäß einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung wird
die Differenz der gemessenen Signale und der geschätzten
Signale und der Sollsignale zu einem Lenksignal bzw.
zu einem störungsbedingten Lenksignal verarbeitet.

35

1.2026
05.11.1980

- 1 Durch die Kenntnis der Bewegung des Fahrzeugs im ungestörten Fall lassen sich die gemessenen Signale mit dem Sollwert der ungestörten Bewegung vergleichen und daraus eine Korrektursteuerung ableiten. Hierzu wird mittels
- 5 eines auf größtmöglichen Komfort hin ausgelegten Regelgesetzes ein störungsbedingtes Lenksignal gebildet, das neben den führungshedingten Signal auf das Lenksystem einwirkt.
- 10 Um zwischen den gegenläufigen Forderungen einerseits nach exakter Führung und andererseits nach gutem Fahrkomfort einen optimalen Kompromiß zu erzielen, wird das Fahrzeug aufgrund des störungsbedingten Lenksignals näherungsweise so angesteuert, daß das Gütekriterium
- 15
$$I = \int_0^{\infty} (ay^2 + \dot{\beta}^2) dt$$
 minimiert wird, wobei a ein geschwindigkeitsabhängiger Gewichtungsfaktor, y die Abweichung des Bezugspunktes von der Leitlinie und $\dot{\beta}$ die störungsbedingte Lenkgeschwindigkeit ist.
- 20

- Ober die Führgenauigkeit und den Fahrkomfort hinaus hat die Erfindung insbesondere aufgrund des variablen Sollwertes den weiteren Vorteil, daß die Lage des Bezugspunktes und der Abtastorgane unabhängig voneinander
- 25 frei gewählt werden kann. Bei den bisher bekannten Systemen ist es erforderlich, daß ein Abtastorgan mit dem Bezugspunkt, d.h., mit dem Punkt auf der Fahrzeuglängsachse, dessen Abstand zum Leitkabel möglichst klein sein soll, übereinstimmt, um diese Abstandsbedingung auch
- 30 in den Krümmungen der Leitlinie erfüllen zu können, in denen nämlich die Fahrzeuglängsachse und die Leitlinie nicht mehr parallel verlaufen. Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren sind nämlich im Gegensatz zu den bisher
- 35 konstant zu haltenden Abstands-Sollwerten der Abtast-

7.2026
05.11.1980

BAD ORIGINAL

1 organe variable Sollwerte vorgesehen, die die kurven-
bedingten Abweichungen vom Nullabstand berücksichtigt,
wenn das Abstandsorgan nicht auf dem den Schnittpunkt
zwischen Fahrzeuglängsachse und Kurve bildenden Bezugs-
5 punkt liegt.

Die Unabhängigkeit der Lage der Abtastorgane vom Bezugs-
punkt erweitert das Bedingungsspektrum, das bei der Lage-
bestimmung Berücksichtigung finden kann. So ist es z.B.
10 möglich, eine Verringerung der Meßfehler zu erreichen,
und zwar, indem der Bezugspunkt zwischen z.B. zwei Ab-
tastorganen gewählt wird. Ferner kann der Bezugspunkt
vorzugsweise an der Vorderachse gewählt werden, wodurch
die Fahrbahnbreite für eine in beide Fahrtrichtungen
15 benutzte Leitlinie optimiert werden kann.

Durch die Trennung der kurvenbedingten Steuersignale vom
Störungsregler, kann außerdem der Regler einfacher
und insbesondere sicherer ausgebildet werden. Der Regler
20 ist gegenüber den bei den herkömmlichen Systemen er-
forderlichen Regler parameterunempfindlicher, nachdem der
Regler nach Abzug der kurvenbedingten Signale nur noch
schwache Störungssignale verarbeiten muß.

25 Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung, bei dem die Leit-
linie durch einen von Wechselstrom durchflossenen Leiter
gebildet wird, dessen Feld mittels Antennen induktiv abge-
tastet wird, ist in den Abbildungen Fig. 1 bis 3 darge-
stellt und wird im folgenden näher beschrieben.

30 Fig. 1 zeigt schematisch die gesamte Anordnung.

Mit den Hinter- und Vorderachsen 10 bzw. 12 und den zuge-
hörigen Rädern 13 ist ein Fahrzeug angedeutet, das entlang
35 der als Leitkabel ausgebildeten Leitlinie 14 führbar ist.

7.2026

05.11.1980

1 Das Feld des Leitkabels wird von zwei auf der Längs-
achse 15 des Fahrzeugs befindlichen Antennen 16 und 17 er-
faßt. Die Antennensignale werden einer Steuereinheit zuge-
führt, die aus einer Sensorelektronik 20, einem Lenk-
5 regler 21, einem Stellregler 22 sowie einem Krümmungs-
geber 23 bestehen. Die Sensorelektronik 20 bestimmt die
Abstände d_2 , d_3 der Antennen zur Leitlinie 14 aus den
Antennensignalen. Die Abstandssignale x_2 , x_3 werden zu-
sammen mit einem Geschwindigkeitssignal v , einem vom
10 Krümmungsgeber herrührenden Krümmungssignal k und einem
den an der Spurstange 18 induktiv gemessenen Lenkwinkel β
entsprechendem Signal x_1 im Lenkregler 21 zu einem
Lenksignal w verarbeitet, und dem Stellregler 22 zuge-
führt. Der Stellregler 22 steuert einen hydraulischen
15 Stellzylinder 25 an, der die Vorderräder 13 bewegt und
kontrolliert deren Einstellung über eine Rückführung
des tatsächlichen Lenkwinkels β . Das Fahrzeug wird
dabei so gelenkt, daß ein auf der Vorderachse 12 ge-
wählter Bezugspunkt 27 mit der Leitlinie 14 während
20 der Fahrt einen kleinstmöglichen Abstand y beibehält.
Für die Sensorelektronik 20 und den Stellregler 22
können herkömmliche Schaltschienen verwendet werden.

25 Der Lenkregler 21, der in Fig. 2 als Blockschaltbild
näher dargestellt ist, besteht aus einem Sollwertgeber
30, einem Differenzbildner 31 und einem Regler 32. Die
Krümmung k der Leitlinie 14 wird nach einer herkömmlichen
Art, wie z.B. mit einer aus der DE-OS 25 21 571 bekannten
Vorrichtung aus Meßgrößen bestimmt.

30 Die Krümmung k wird dem Sollwertgeber 30 zugeführt, der
über Filter die Sollwerte bzw. Sollwertsignale s für alle
Meßgrößen und ein kurvenbedingtes Lenksignal w_k erzeugt.

35

7.2026
05.11.1980

BAD ORIGINAL

- 1 Das Filter repräsentiert bestimmte Eigenschaften des
Fahrzeugs und wird gemäß der augenblicklichen Ge-
schwindigkeit v abgestimmt. Durch Einstellungsmöglich-
keiten am Filter kann der Bezugspunkt 27 beliebig und da-
5 mit unabhängig von der Lage der Antennen 16 bzw. 17 ein-
gestellt werden, wenn die Faktoren beladungs- bzw.
witterungsabhängig gemacht werden, können die durch
Beladungs- bzw. Witterungsänderungen verursachten Ver-
änderungen des Fahrverhaltens ausgeglichen werden, so
10 daß eine hohe Führgenauigkeit am Bezugspunkt von Beladung
bzw. Witterung unabhängig gewährleistet ist.

- Die Sollwertsignale s werden dem Differenzbildner 31
zugeführt, der die Differenz zwischen den Sollwerten
15 und Istmeßgrößen x_i bildet, die aufgrund von Störungen
zustandekommen. Diese nunmehr nur noch von störungs-
bedingten Einflüssen bestimmten Differenzsignale d_i
werden schließlich vom Regler 32 zu einem störungs-
bedingten Lenksignal w_z verarbeitet.

- 20 Die Addition des krümmungsbedingten Lenksignals w_k mit
dem störungsbedingten Lenksignal w_z ergibt das Gesamt-
Lenksignal w , das in Verbindung mit der augenblicklichen
Geschwindigkeit v über den Stellregler 22 die Betätigung
25 der Stellzylinder auslöst.

- Der Regler 32 ist als Optimalregler ausgelegt, dem ein
Optimierungskriterium der Form

30

35

7.2026
05.11.1980

$$I = \int_0^{\infty} (a(v) y^2(t) + \beta_z^2(t)) dt$$

$y :=$ horizontaler Abstand des Bezugspunktes zum
 Leitkabel
 $a :=$ geschwindigkeitsabhängiger Gewichtungsfaktor
 $t :=$ Zeit
 $\beta_z =$ Lenkgeschwindigkeit aufgrund der störungs-
 bedingten Lenksignale

zugrundegelegt ist, das mit dem gewünschten Störverhalten minimiert werden soll.

Das Regelgesetz des Optimalreglers enthält für alle Eingangssignale d_i geschwindigkeitsabhängige Verstärkungsfaktoren p_i , die mittels einer Pochenschaltung durch Polynome angenähert werden. Hierdurch können beliebige Geschwindigkeitsabhängigkeiten einfach und schnell eingestellt werden.

Es ist aber auch möglich, die störungsbedingten und die krümmungsbedingten Einflüsse im Sollwertgeber 30 zu lediglich Sollsignalen s_i zu verarbeiten, mit denen über den Differenzbildner 31 und dem Regler 32 ein für die Korrektur alleinverantwortliches Lenksignal erzeugt wird. In diesem Fall wird von einem getrennten krümmungsbedingten Lenksignal w_k abgesehen, so daß die in Fig. 2 angedeuteten Signale w_z und w gleich sind.

7.2026
05.11.1980

BAD ORIGINAL

14
Leerseite

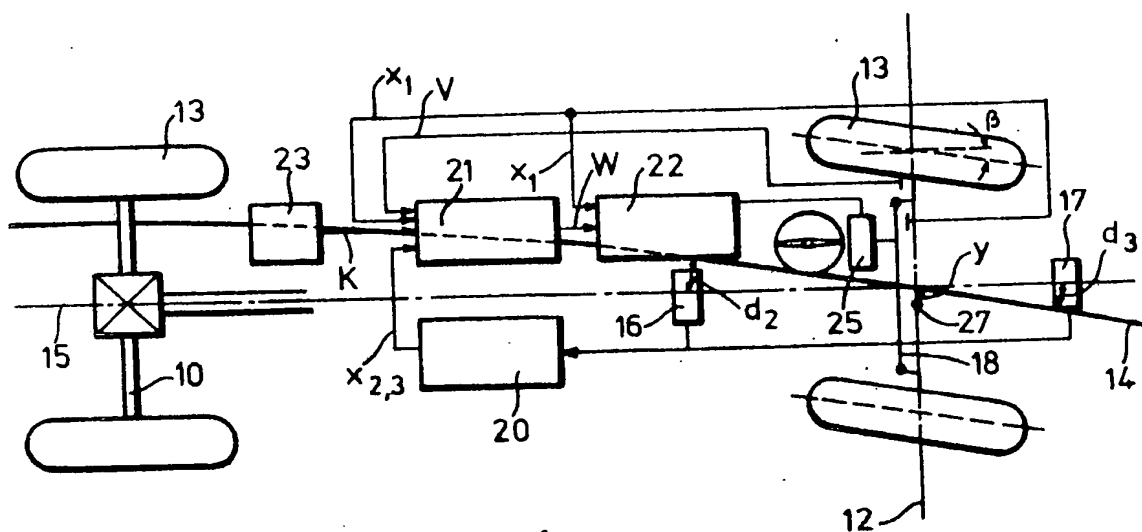


Fig. 1

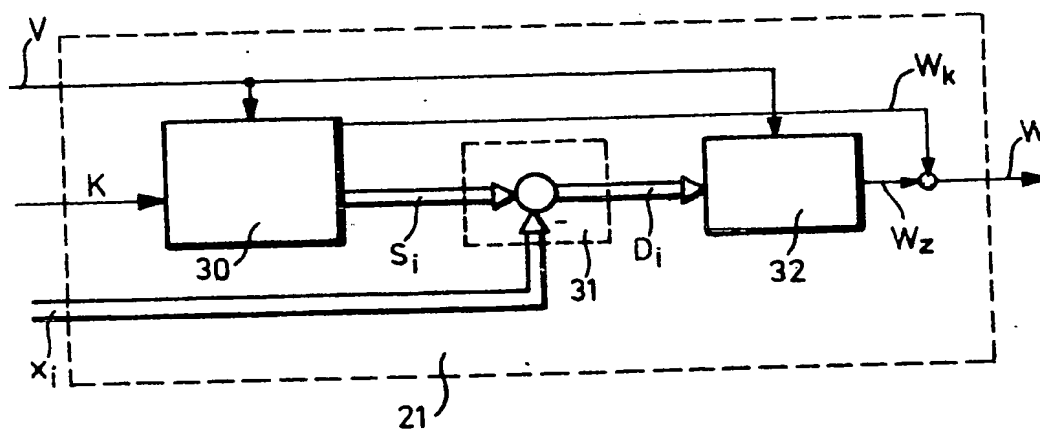


Fig. 2

ORIGINAL INSPECTED